

Kurze Mitteilung

Aus der Biologischen Station Lunz und dem Institut für Botanik
der Universität Wien

**Zur Kenntnis der Oscillatoriacee *Pseudanabaena galeata*
(*Cyanophyta*)**

Von

Lothar Geitler, Wien

(Eingegangen am 30. September 1982)

On the Knowledge of the Oscillatoriaceae *Pseudanabaena galeata* (*Cyanophyta*)

Key Words: *Cyanophyta*, *Pseudanabaena galeata*.—Movement; lysis, maceration, plasmoptysis.

Abstract: If exsiccated trichomes of *Pseudanabaena galeata* are immersed in water, striking changes occur as a consequence of lysis and maceration. The locomotion of living trichomes differs from that in *Oscillatoriaceae*. This and other differences make it doubtful, whether *Ps. galeata* belongs to the *Oscillatoriaceae*; at any rate it occupies an aberrant position.

Aus den Hochmoor-Schwinggrasen des Obersees bei Lunz (Niederösterreich) ließ sich eine Oscillatoriacee isolieren und in unialgaler Kultur ziehen, die ein unerwartetes Verhalten bei der Herstellung von Exsikkaten bzw. ihrer Verwendung zur mikroskopischen Untersuchung zeigt. Es handelt sich um *Pseudanabaena galeata* BÖCHER (BÖCHER 1949), die anscheinend weit verbreitet ist und an sehr verschiedenen Biotopen vorkommt, so sapropelisch, in Thermen, in Reisfeldern (ANAGNOSTIDIS 1961, ANAGNOSTIDIS & al. 1981, TSANGRIDIS 1982); in einer „mare acide“ fanden sie BOURRELLY & COUTÉ (1975). Die Lunzer Alge entspricht völlig der Originalbeschreibung und späteren Beobachtungen, sie zeigt auch die auffallend starke Schwankung der Trichombreite von 1,4 bis 2,2 μm . Mit einer anderen Art ist sie kaum verwechselbar: bezeichnend ist die flach kuppenförmige Endzelle mit ihrer großen helmartig geformten Gasvakuole.

Die Alge wächst üppig auf 1%igem Agar mit Bristol- oder BBM-Nährlösung bei einem pH von 5 und 6,5, aber noch gut auch bei einem pH von 7,5. Von den Impfstellen kriechen die Trichome nach allen Seiten aus, werden also offenbar nicht phototaktisch beeinflusst, und bilden unter lange andauerndem Wachstum auf der Agaroberfläche einen intensiv blaugrünen Belag, in dem sie lockenartig angeordnet liegen. Die Art ließ sich auf diese Weise bisher 10 Monate lang unverändert kultivieren. Flüssigkeitskulturen erwiesen sich als weniger günstig. Die Trichome überschreiten meist nicht eine Länge von 50—90 μm und sind etwa 15- bis 30zellig. Der Zerfall der Trichome in zwei Tochtertrichome erfolgt dabei ohne besondere Vorrichtungen intercellulär und nicht geregelt etwa durch die Bildung von Spaltkörpern wie bei *Katagnymene accurata* (GEITLER 1982).

Aus den Agarkulturen in Leitungswasser oder destilliertes Wasser gebracht, strecken sich die \pm elastisch gebogenen Trichome annähernd gerade und zeigen eine lebhaft, sehr charakteristische Bewegung, die nur mit einer sehr geringfügigen Lokomotion verbunden ist. Sie entspricht nicht der typischen Gleitbewegung von Oscillatorien, sondern besteht in einem ruckweisen, oft taumelnden, nur auf kurzen Strecken geradlinigem Kriechen mit häufiger Umkehr der Bewegungsrichtung, wie dies PRINGSHEIM (1968) für *Pseudanabaena catenata* LAUTERB. anschaulich geschildert hat und wie dies ähnlich von manchen Chroococcalen bekannt ist, deren Bewegung allerdings bedeutend langsamer ist. Schon dieses Verhalten zeigt, daß *Pseudanabaena* eine gewisse Sonderstellung unter den Oscillatoriaceen einnimmt; sie drückt sich auch morphologisch in der gattungsspezifischen Gallertbrücke zwischen den Zellen aus, die die Zellen gewissermaßen voneinander isoliert, ohne daß, wie z. B. in alten Fadenabschnitten von Stigonemen, zentrale Tüpfel vorhanden sind. Nach SKUJA (1948) sollen allerdings andere *Pseudanabaena*-Arten die gewöhnliche Oscillatorien-Bewegung zeigen.

Bemerkenswert ist das Verhalten von Exsikkaten bei Benetzung mit Wasser, gleichgültig ob es sich um Leitungswasser, destilliertes Wasser oder Nährlösung handelt. Auf einem Objektträger im Zimmer bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40—50% durch mehrere Tage angetrocknete Trichome, die von der Agaroberfläche entnommen und in einem Wassertropfen verteilt wurden, nachdem sie, um beim Eintrocknen nicht die mitübertragene Nährlösung zu konzentrieren, in destilliertem Wasser gewaschen wurden, beginnen nach wenigen Minuten unter Lyse und Mazeration zerstört zu werden, bis nach 10—15 Minuten praktisch alle Trichome entsprechend verändert sind. Der Ablauf ist wegen der geringen Zellgröße schwer zu beschreiben und mit

einfachen Mitteln nicht exakt analysierbar. Die folgenden Mitteilungen, ohne komplizierte Techniken durchgeführt, können daher nur provisorischen Charakter haben.

Die Veränderungen sind im wesentlichen von dreierlei Art. In einem Fall entsteht der Eindruck einer regelrechten Plasmoptyse: es erfolgt an den Querwänden explosionsartig ein seitlicher Austritt einer geringen Menge einer wolkigen Masse von farblosem Plasma — es entstammt also hauptsächlich dem Centroplasma —, während die restliche Zelle schrumpft und in ihr eine zeitlang noch das Chromatoplasma wie in intakten Zellen an den Längswänden distinkt erkennbar ist; die vorwiegende Lokalisierung der Thylakoide an den Längswänden zeigen auch die el.-mikr. Abbildungen bei BOURRELLY & COUTÉ (1975). Das ausgetretene Plasma verteilt sich alsbald im Wasser und wird unsichtbar. Der einseitige Austritt bewirkt ein Abknicken des Trichoms, nach mehreren Austritten erscheint es zickzackförmig. Vermutlich befinden sich an den Querwänden Schwachstellen, wie sie BAALEN & BROWN JR. (1969) für *Trichodesmium erythraeum* EHRBG., das im Leben spontane Lyse zeigt, el.-mikr. nachgewiesen haben und wie analoge Strukturen vermutlich dem ähnlichen Verhalten von *Oscillatoria splendida* GREV. zugrunde liegen (GETTLER 1967). Aufreißen und Austritt von Plasma genau an den Querwänden im Leben erfolgt auch bei *Spirulina raphidioides* GEITL., in diesem Fall nach mechanischem Druck (GETTLER 1959: Abb. 1 e). Bei *Ps. galeata* ist die Menge des ausgetretenen Plasmas manchmal so gering, daß es nicht mehr erkennbar ist und allein der Knick den Austritt signalisiert. Die Plasmoptyse kann auch in der Endzelle eintreten, der Austritt erfolgt dann an der distalen Wand. Die große Gasvakuole bleibt dabei gut sichtbar erhalten. Im allgemeinen erfolgt die Plasmoptyse nicht in allen Trichomen eines Präparats; wo sie nicht eintritt, werden die Zellen auf eine der beiden anderen Arten zerstört.

Die zweite Art der Zerstörung besteht darin, daß die zylindrischen Zellen tonnenförmig anschwellen und zu Ellipsoiden, schließlich zu Kugeln werden, wobei das Chromatoplasma distinkt erhalten bleibt und gleichzeitig der Zellverband gelockert wird. Die Aufblähung beginnt in der Mitte der Längswände oder, besonders bei langzylindrischen Zellen, an einem Ende. Später isolieren sich die abgekugelten Zellen und flottieren frei im Präparat, werden stark vakuolisiert und schließlich farblos. Vermutlich verquillt ein Teil der Zellwand und es bleiben von den drei Schichten, die sie nach BOURRELLY & COUTÉ (1975) aufbauen, nur zwei oder nur eine Schichte erhalten, und dieser Wandrest wird übermäßig gedehnt. Manchmal bleibt, solange der Trichomzerfall noch nicht komplett ist, die scheibenförmige Gallertbrücke

zwischen den Zellen in dem erweiterten Zwischenraum freiliegend erhalten, ist also resistenter als die übrige Wandsubstanz.

Das dritte, sehr häufige Verhalten bei Benetzung besteht darin, daß die Zellen unter allseitiger Schrumpfung und unregelmäßiger Abrundung eine grobkörnige degenerative Beschaffenheit annehmen und unter Entfärbung ein schattenhaftes Aussehen erlangen. Ihre Breite kann bis etwa $0,8\mu\text{m}$ gegenüber den Maßen intakter Zellen von $1,2\text{--}2,4\mu\text{m}$ sinken. Sie schrumpfen auch in der Längsrichtung so stark, daß der Fadenverband aufgelöst erscheint. Wie aber im Präparat frei treibende Trichome erkennen lassen, besteht zunächst noch ein unsichtbarer Zusammenhalt. Vermutlich erfolgt weitgehende Verquellung der gesamten Zellwand, doch bleibt manchmal auch in diesem Fall die scheibenförmige Verbindungsbrücke der Zellen erhalten. Später isolieren sich die Zellen vollends und flottieren dann einzeln oder als Tochterzellpaare im Wasser.

Die drei Arten von Mazeration finden sich oft nebeneinander im gleichen Präparat. Es lassen sich keine klaren Beziehungen erkennen zwischen der Art des Verhaltens und Außenfaktoren wie dem pH, dem Alter der Kultur, der Höhe der Teilungsfrequenz und damit der Länge der Zellen oder ob die Austrocknung im Licht oder im Dunkel erfolgte. Doch wird das Verhalten durch die Dauer der Austrocknung mitbestimmt. So treten nach 10 bis 14 Tagen kaum mehr Plasmoptysen auf, und etwa nach drei Wochen unterbleiben die Mazerationsphänomene überhaupt, d. h. die Trichome zeigen bei Benetzung, abgesehen von einer leichten Schrumpfung, keine Veränderung mehr gegenüber dem Aussehen im Leben; sie entfärben sich nur ziemlich schnell. Andererseits stellt sich die zerstörende Wirkung von Benetzung auch bei in trockener Luft hergestellten Exsikkaten noch nach längerer Zeit ein. In einem mit Calcium chloratum siccatum beschickten Exsikkator, in dem die relative Luftfeuchtigkeit 26% betrug, traten noch nach drei Tagen vereinzelt Plasmoptysen auf; nach fünf Tagen erfolgte nur Zerfall der Trichome unter Schrumpfung, in einzelnen Fällen auch noch nach zwölf Tagen.

Von der Mazeration bewahren lassen sich Exsikkate, wenn man sie in 4%igem Formol, in Lugolscher Lösung, in 10%iger Essigsäure oder einem beliebigen Fixierungsmittel untersucht. Als resistent gegenüber Benetzung mit Wasser erwiesen sich auch Exsikkate, wenn das lebende Material vor der Austrocknung in den Dämpfen von Osmiumsäure geräuchert wurde.

Besprechung

Alles zusammengenommen, dürfte es sich zeigen, daß in den auf Benetzung wie geschildert reagierenden ausgetrockneten Trichomen

eine gewisse Lebensstruktur erhalten bleibt, die für das Geschehen verantwortlich ist und erst durch Fixierung endgültig ausgeschaltet wird. Plasmoptyse ist eine Lebenserscheinung, und auch die auffallende Aufblähung setzt einen entsprechenden Turgordruck voraus. Im übrigen sind hohe Grade von Resistenz gegenüber Austrocknung von Blaualgen bekannt (FOGG & al. 1973). Bei *Pseudanabaena galeata*, die typisch hydrophil lebt, wäre allerdings eine bedeutende Resistenz unerwartet, und tatsächlich sind ihre Trichome, wenn auch nur kurz ausgetrocknet, nicht vollwertig lebend: sie vollführen keine aktive Bewegung und es gelingt nie, sie in Kultur zu neuem Wachstum zu bringen.

Lyse von Zellwänden und entsprechende Mazerationserscheinungen sind von Cyanophyceen seit langem bekannt (vgl. z. B. STROH 1938, DRAWERT 1949/50), und die im Zusammenhang mit ihrer prokaryotischen Organisation besondere Art von Plasmolyse und Turgor war wiederholt Gegenstand eingehender Untersuchungen (CARR & WHITTON 1973, FOGG & al. 1973). Die scheinbar spontane Lyse bei *Trichodesmium erythraeum* konnte el.-mikr. in Beziehung zu einem besonderen Bau der Zellwand beim Ansatz der Querwände gebracht werden (BAALEN & BROWN JR. 1969). Ähnliche Erscheinungen wurden licht-mikr. bei *Oscillatoria splendida* beobachtet (GEITLER 1969). In diesen und anderen Fällen handelt es sich um ein Verhalten lebender Zellen, STROH (1938) spricht daher von prämortaler Mazeration. In dem hier geschilderten Fall spielen sich die Vorgänge an toten oder jedenfalls nicht volllebendigen Zellen ab. Anders als bei *Trichodesmium* lassen sie sich nicht in Beziehung setzen zum Bau der Zellwand, da diese, nach den Untersuchungen von BOURRELLY & COUTÉ, keine entsprechende Besonderheit aufweist. Es fehlen ihr auch, wie die Abbildungen bei BOURRELLY & COUTÉ zeigen, die sonst mehrfach nachgewiesenen Porenreihen zu beiden Seiten der Querwände sowie auch die Mikroplasmodesmen in den Querwänden; im Fall von *Pseudanabaena* müßten sie die Gallertbrücke zwischen den Zellen durchsetzen.

Mit Rücksicht darauf und im Hinblick auf die leichte Trennbarkeit der Trichomzellen sowie die auffallend abweichende Art der Bewegung könnte man bezweifeln, daß die Gattung zu den Oscillatoriaceen gehört. In diesem Zusammenhang ist vielleicht auch die folgende Erscheinung erwähnenswert. In einer überalterten Agarkultur mit der in der Göttinger Algensammlung für die Zucht von *Cyanidium caldarium* GEITL. verwendeten Nährlösung, die ein pH von 4 besitzt, traten neben zugrundegegangenen Trichomen in kurze Stücke zerfallene auf, die aus bis 3 μm breiten und bis 32 μm langen, leicht verbogenen Riesenzellen aufgebaut waren, ähnlich wie dies bei *Synechococcus*

elongatus NÄGELI der Fall ist (GETTLER 1960), wenn er in alten Kulturen Involutionsformen bildet — eine für eine Oscillatoriacee jedenfalls ungewöhnliche Erscheinung.

Im großen ganzen fügt sich das Verhalten von *Ps. galeata* in die bekannte Erfahrungstatsache ein, daß herbarisierte Blaualgen bei Benetzung wieder turgeszent werden können oder zumindest diesen Eindruck erwecken. Die zugrunde liegende besondere Plasmastruktur erlaubt bei *Ps. galeata* sogar Plasmoptyse oder exzessive Aufblähung und ist wohl auch an der Lyse unter Schrumpfung und Desorganisation schuld. Präzisere Angaben und ein besseres Verständnis wären von Untersuchungen mit adäquaterer Methodik als der hier angewandten zu erwarten. Wie eingangs betont, kann die vorliegende Mitteilung nur als Provisorium gelten.

Eine unialgale Kultur wurde dem Betreuer der Göttinger Algenkultur-Sammlung, Herrn Prof. U. G. SCHLÖSSER, zugeschiekt, eine andere Herrn Prof. Dr. I. FRIEDMANN, Tallahassee, zur eventuellen eingehenderen Untersuchung übermittelt.

Literatur

- ANAGNOSTIDIS, K., 1961: Untersuchungen über die Cyanophyceen einiger Thermen in Griechenland. — Thessaloniki: Inst. Syst. Bot. Pflanzengeogr. Univ. Thessaloniki.
- ECONOMOU-AMILLI, A., TSANGRIDIS, A., 1981: Taxonomic and floristic studies on algae from rice-fields of Kalochorion-Thessaloniki, Greece. — N. Hedw. **34**, 1—55.
- BAALEN, C. VAN, BROWN, R. M., JR., 1969: The ultrastructure of the marine blue green Alga, *Trichodesmium erythraeum*, with special reference to the cell wall, gas vakuoles, and cylindrical bodies. — Arch. Mikrobiol. **69**, 77—91.
- BÖCHER, T. W., 1949: Studies on the sapropelic flora of the lake Flinders with special reference to the *Oscillatoriaceae*. — Det Kgl. Dansk Vidensk. Selsk. Biol. Medd. **21**, 1—46.
- BOURRELLY, P., COUTÉ, A., 1975: Ultrastructure d'une Cyanophycée: *Pseudanabaena galeata* BÖCHER. — Protistologia **11**, 187—194.
- CARR, N. G., WHITTON, B. A., 1973: The Biology of Blue Green Algae. — Oxford, London, Edinburgh, Melbourne: Blackwell Scientific Publications.
- DRAWERT, H., 1949: Zellmorphologische und zellphysiologische Studien an Cyanophyceen. I. — Planta **37**, 161—209.
- FOGG, G. E., STEWART, W. D. P., FAY, P., WALSBY, A. E., 1973: The Blue Green Algae. — London, New York: Academic Press.
- GETTLER, L., 1959: *Spirulina raphidioides* n. sp. und Bemerkungen über ähnliche Planktonalgen. — Österr. Bot. Z. **106**, 133—137.
- 1960: Schizophyceen. — In: ZIMMERMANN, W., OZENDA, P., (Eds.): Handbuch der Pflanzenanatomie **6/1**, 2. ed. — Berlin-Nikolassee: Gebr. Borntraeger.
- 1967: Entwicklungsgeschichtliche und systematische Untersuchungen an einigen Cyanophyceen. — N. Hedw. **13**, 403—421.
- 1982: Eine bemerkenswerte Oscillatoriacee, *Katagnymene accurata* n. sp. (*Cyanophyceae*). — Pl. Syst. Evol. **140**, 293—306.

- PRINGSHEIM, E. G., 1968: Cyanophyceen-Studien. — Arch. Mikrobiol. **63**, 331—355.
- SKUJA, H., 1948: Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. — Symb. Bot. Upsal. IX, 3.
- STROH, L., 1938: Über prämortale Mazeration bei Oscillatoriaceen. — Arch. Protk. **91**, 187—201.
- TSANGRIDIS, A. TH., 1982: On Cyanophyta and Chlorophyta from rice-fields of Kalachorion-Thessaloniki. — Athens: Inst. Syst. Bot. Univers. Athens.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. L. GEITLER, Institut für Botanik der Universität Wien, Rennweg 14, A-1030 Wien, Österreich.